



CHAUFFER ET FAIRE DES ECONOMIES

installation radiateurs aluminium
et installation planchers chauffants:
analyse comparative

requalification énergétique
des bâtiments existants



CHAUFFER ET FAIRE DES ÉCONOMIES

**Analyse comparative de consommation énergétique
de 2 installations de chauffage à basse température:
installation planchers chauffants
installation radiateurs aluminium**

**Utilisation de radiateurs en aluminium
en combinaison avec des chaudières à condensation
et des pompes à chaleur
dans le requalification énergétique des bâtiments existants**



Analyse comparative de consommation énergétique de 2 installations de chauffage a basse temperature: installation planchers chauffants installation radiateurs aluminium

Par la comparaison d'une installation avec 'plancher chauffant' d'une installation avec des radiateurs en aluminium, cette étude veut démontrer scientifiquement la comparaison des consommations énergétique entre les deux systèmes et la réelle possibilité de faire des économies d'énergie.

L'opinion générale en ce qui concerne le plancher chauffant est souvent accompagnée par des supports théoriques qui ne tiennent pas compte de la réalité des besoins d'énergie et des conditions concrètes de fonctionnement des installations de chauffage.

Il est donc important de préciser que:

La quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un immeuble dépend uniquement et exclusivement des caractéristiques de construction, épaisseur des murs, l'isolation thermique, caractéristiques des bâtis (ouvertures, vitrages, fenêtres et portes-fenêtres).

En partant de cette simple considération physique, il s'ensuit théoriquement que (avec un circuit en état de marche aux conditions nominales), la consommation d'énergie du bâtiment est la même que l'on utilise une installation avec des radiateurs ou un plancher chauffant, avec la seule différence de rendement d'émission et de régulation.

En réalité les circuits de chauffage fonctionnent la plupart du temps avec des charges variables, c'est-à-dire avec le pilotage par la régulation: il est donc évident que l'on obtiendra des économies d'énergie, selon la performance d'inertie thermique et des meilleurs rendements de régulation.

L'inertie thermique est le temps nécessaire aux corps chauffants pour commencer ou terminer la diffusion de la chaleur dans l'ambiance.

La puissance d'émission correspond à la capacité de l'installation de transmettre la chaleur de consigne à l'ambiance.

La capacité de régulation correspond à la vitesse de l'installation à s'adapter aux variations thermiques instantanées et occasionnelles de température (apports gratuits de chaleur, brusques chutes de température).

Prenons en exemple pratique le climat méditerranéen de notre pays caractérisé par de fortes variations thermiques pendant la journée. L'ensoleillement suffisamment élevé des murs et des vitrages exposés vers sud/sud-ouest, les autres apports gratuits de chaleur fournis par tous les appareils électroménagers (ordinateur, télévision, lave-linge–vaisselle, etc.) l'éclairage et la présence d'un ou plusieurs occupants. Toutes ces sources de chaleur gratuites sont positives si bien exploitées avec un système à basse inertie thermique qui intervient instantanément à ces variations de température en réduisant les consommations.

L'installation avec des radiateurs en aluminium permet le réchauffement immédiat de l'ambiance, et ensuite des structures de l'immeuble, et avec l'aide des robinets thermostatiques (à liquide ou bien à gaz) on obtient la garantie d'une réaction immédiate par rapport aux variations imprévues. Il s'agit donc d'une installation à basse inertie thermique, avec une forte capacité de puissance et de régulation.

Tandis que le plancher chauffant avant de chauffer l'ambiance, doit d'abord chauffer la structure du bâtiment (le plancher) et qui ne chauffera l'ambiance qu'après avoir atteint la température au plancher. Même les installations avec vannes motorisées commandées par plusieurs thermostats peuvent faire une régulation seulement après refroidissement/diminution de la chaleur accumulée à l'intérieur de toute la structure du plancher. L'installation de chauffage par plancher chauffant est donc à considérer comme à forte inertie thermique.

Voici un deuxième exemple pratique. A une température de consigne réglée à un paramètre normal de confort (20-22°C) et tenant compte des apports gratuits: la température monte et pour exploiter ces apports et maintenir le confort souhaité, il faudra couper l'apport de chaleur. L'installation à forte inertie thermique continuera l'émission de chaleur jusqu'au refroidissement de la température du plancher, mais si les apports gratuits manquent soudainement la température chutera brusquement. La régulation de l'installation pour reporter la température souhaitée devra à nouveau d'abord chauffer la structure et seulement après le plancher chauffera l'ambiance.

L'efficacité énergétique d'une installation est donnée par l'émission de la chaleur nécessaire (puissance d'émission) et la rapidité de réaction aux variations des émetteurs (régulation): l'installation d'émetteurs à basse inertie thermique garantit le maximum de capacité de rendement et de régulation avec un gain sur les consommations des systèmes à fortes inerties thermiques.



Les normes UNI DLGS 311 confirment que pour les installations avec 'planchers chauffants' la performance de régulation est plus basse par rapport aux installations avec les radiateurs en aluminium. Une performance de régulation inférieure équivaut à une augmentation de consommation d'énergie.

La forte inertie thermique des planchers chauffants ne permet pas l'utilisation d'un régime transitoire de l'installation on/off (ce système fonctionne en régime permanent sur les 24 h.)

L'usage moyen d'une habitation pendant la semaine est généralement limité à quelques heures de la journée, on utilisera donc d'une façon intelligente et économiquement avantageuse l'énergie tout en profitant du confort de la température souhaitée en programmant les périodes d'occupation du logement.

L'installation avec les radiateurs en aluminium garantit une puissance de chauffe et une parfaite régulation avec une faible inertie thermique qui permet la programmation de déclenchements et arrêts multiples du chauffage pendant toute la journée.

En raison de l'importante inertie thermique des installations avec planchers chauffants, il est pratiquement impossible d'utiliser un régime transitoire. Il faut savoir que pour chaque degré de température en plus, la consommation augmente d'environ 8%.

Voir ci dessous le détail de tous les facteurs qui influencent le besoin d'énergie d'un bâtiment (un système bâtiment - installation):

- Type de bâtiment
- Rendement de la production de chaleur
- Efficacité d'émission
- Performance de régulation
- Rendement du réseau de distribution
- Consommation d'électricité des pompes de circulation
- Heures de fonctionnement de l'installation

Les puissances d'émission et de régulation et les consommations d'électricité des pompes de circulations sont variables selon les différents systèmes de chauffage et d'installation. Tous les autres facteurs restent inchangés.

Les valeurs de rendement ci-dessous indiqués selon les nouvelles normes UNI TS 11300, sont des valeurs de références pour l'analyse énergétique des bâtiments.

Rendement d'émissions (η_e) pour des locaux avec hauteur de moins de 4 m (figure 1)

Type d'émetteur	puissance thermique moyenne annuelle W/m ^{3a}		
	< 4	4 - 10	> 10
	η_e		
Radiateurs sur parois externe isolée (*)	0,95	0,94	0,92
Radiateurs sur parois interne	0,96	0,95	0,92
Ventilo-convecteur (**) valeur réf moyenne eau = 45°C	0,96	0,95	0,94
Thermo convecteur	0,94	0,93	0,92
Soufflants de système avec air chaud (***)	0,94	0,92	0,90
Panneaux chauffants isolés et noyés au sol	0,99	0,98	0,97
Panneaux chauffants noyés au sol (****)	0,98	0,96	0,94
Panneaux chauffants noyés au plafond	0,97	0,95	0,93
Panneaux chauffants dans les parois	0,97	0,95	0,93

a) La puissance moyenne annuelle, exprimée en W/m³ est obtenue en divisant le besoin annuel d'énergie thermique utile exprimé en Wh, calculé selon la norme UNI EN ISO 13790, par le temps d'exercice des émetteurs, exprimé en heures et par le volume brut réchauffé des locaux ou de la zone exprimée en mètre cube.

(*) Le rendement indiqué est donné par un départ d'eau à 85°C.

Avec parois réfléchissante le rendement augmente de 0,01.

En allège non isolé ($U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) le rendement se réduit de 0,04.

Avec un départ d'eau de $< 65^\circ\text{C}$ le rendement augmente de 0,03.

(**) Les consommations d'électricité ne sont pas considérées et sont à calculer séparément.

(***) Pour les systèmes de chauffage à air chaud, les valeurs sont calculées pour des installations avec:

- grilles de reprise d'air positionnées à moins de 2 m du sol;
- soufflants ou diffuseurs correctement dimensionnés selon les locaux;
- conditions de fonctionnement correctes (taille du générateur et dimensionnement de l'aspirateur appropriée);
- bonne résistance à l'air de la couverture et de l'enveloppe.

Les données ci-dessus ne contiennent pas les pertes de chaleur du sol vers le terrain, ces pertes doivent être

(****) calculées à part et utilisées pour réajuster le calcul de rendement.



Rendement de régulation (η_{rg})

type de régulation	caractéristiques	système à basse inertie		système à forte inertie	
		radiateurs, convecteurs ventilo-convecteurs, bandes radiantes à air chaud	panneaux intégrés dans les structures du bâtiment et thermiquement divisés	panneaux intégrés dans les structures du bâtiment et thermiquement non divisés	
seulement climatique (compensation avec sonde externe)		$1 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$	
seulement d'ambiance avec régulation	On Off	0,94	0,92	0,88	
	PI o PID	0,99	0,97	0,93	
	P banda prop. 0,5°C	0,98	0,96	0,92	
	P banda prop. 1°C	0,97	0,95	0,91	
	P banda prop. 2°C	0,95	0,93	0,89	
climatique+ambiance avec régulation	On Off	0,97	0,95	0,93	
	PI o PID	0,995	0,99	0,97	
	P banda prop. 0,5°C	0,99	0,98	0,96	
	P banda prop. 1°C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 2°C	0,97	0,96	0,94	
seulement à zone avec régulation	On Off	0,93	0,91	0,87	
	PI o PID	0,995	0,99	0,97	
	P banda prop. 0,5°C	0,99	0,98	0,96	
	P banda prop. 1°C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 2°C	0,94	0,92	0,88	
climatique+zone avec régulation	On Off	0,96	0,94	0,92	
	PI o PID	0,995	0,98	0,96	
	P banda prop. 0,5°C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 1°C	0,97	0,96	0,94	
	P banda prop. 2°C	0,96	0,95	0,93	

note γ rapport apports/déperditions
 η_u facteur d'utilisation des apports réglé par UNI/TS 11300-1.

Limitant notre analyse aux bâtiments avec hauteur inférieure à 4 m et besoin thermique moyen annuel entre 4 et 10 W/m^{3a}, le rendement d'émission pour un radiateur en allège (avec isolation des murs) est de 0,94 + 0,03 (système basse température), c'est-à-dire 0,97. Il peut arriver jusqu'à 0,98 en mettant un panneau réflecteur derrière le radiateur. Le rendement d'émission d'un système plancher chauffant avec isolation de la structure est de 0,98.

La différence de rendement entre les deux systèmes est donc nulle ou égal 0,01. Plus significative/importante l'analyse du rendement de régulation.

La norme fait différence entre les systèmes à basse inertie thermique, les radiateurs, et les systèmes à forte inertie thermique, le plancher chauffant. Dans tous les cas les radiateurs sont plus performants.

Les paramètres qui déterminent la consommation d'un système bâtiment – installation sont pratiquement identiques et la quantité d'énergie utilisée est la même soit par le système radiateurs que par le système plancher chauffant. Il est réel de s'attendre à une consommation inférieure pour le système radiateurs.

Les conclusions obtenues sont confirmées par la comparaison des prestations énergétiques des deux systèmes de chauffage avec un software de calcul thermo technique (MC4 Software).

La simulation a été faite sur une maison neuve bi familiale sur deux étages avec des structures qui répondent à la réglementation thermique DLSG 311. Voir détail:

- Région de référence: Firenze
- Altitude s.n.m. 40 m
- Latitudine 43.41
- Zone du vent 2
- Degré jour 18/21
- Zone climatique D
- Volume brut 615,22 m³
- Volume net 415,13 m³
- Surface brute 461,89 m²
- Surface nette utile 147,28 m²
- S/V 0,751
- Différence température moyenne saison 9,798°C
- Nombre de jours de chauffe 166

Conditions de fonctionnement: régime permanent 24 h. (contrôle voir L.10 et modifications).



Principaux résultats des calculs

Systèmes radiateurs:

Besoins d'énergie selon Norme (FEN): 24,264 kJ/m³g °C

Besoins d'énergie Primaire EP_i: 51,27 kWh/m²an (EP_{lim} 78,47 kWh/m²an)

Rendement global: 79,67 (rendement global minimum 68,97)

Calcol du besoin d'énergie primaire et du rendement global saisonnier

Centrale/Generatori di legge

-Calcoli di legge-

Descrizione

caldaia

Dati Risultati di calcolo Targa energetica

Dati utili per il calcolo del EPI

Volume lordo [m ³]	615.227
Volume netto [m ³]	456.131
Superficie lorda [m ²]	461.886
Superficie utile netta [m ²]	147.281
S/V [1/m]	0.751
fts = Fabbisogno totale stagionale [MJ]	27183.789
Etag = Rendimento medio stagionale	78.961
dTm = Diff. Temperatura media stagionale [°C]	11.798
N = Numero di giorni di riscaldamento	165

Calcolo FEN $FEN = fts / (dTm * N * Vol)$

Calcolo EPI [kWh/m² anno] $EPI = fts / (3.6 * S)$

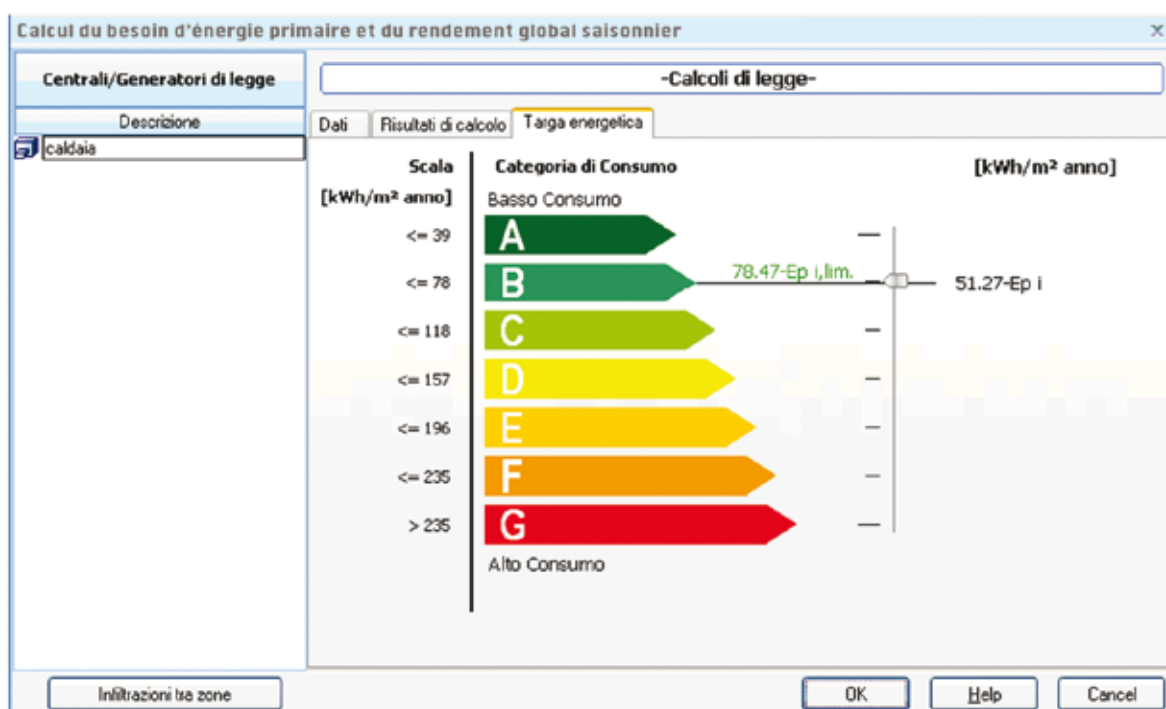
Risultati di calcolo

FEN [kJ/m³ g°C]

EPI < EP_{i,lim} Stato Verificato [kWh/m² anno]

Etag > Etag_{min} Stato Verificato

Calcola

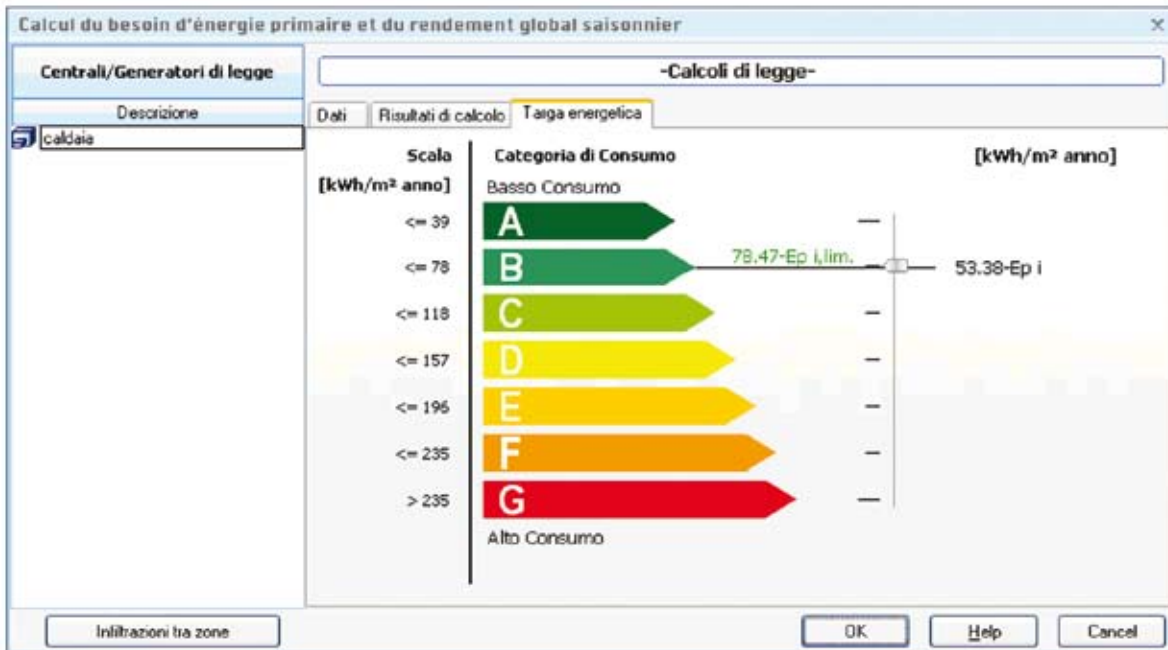
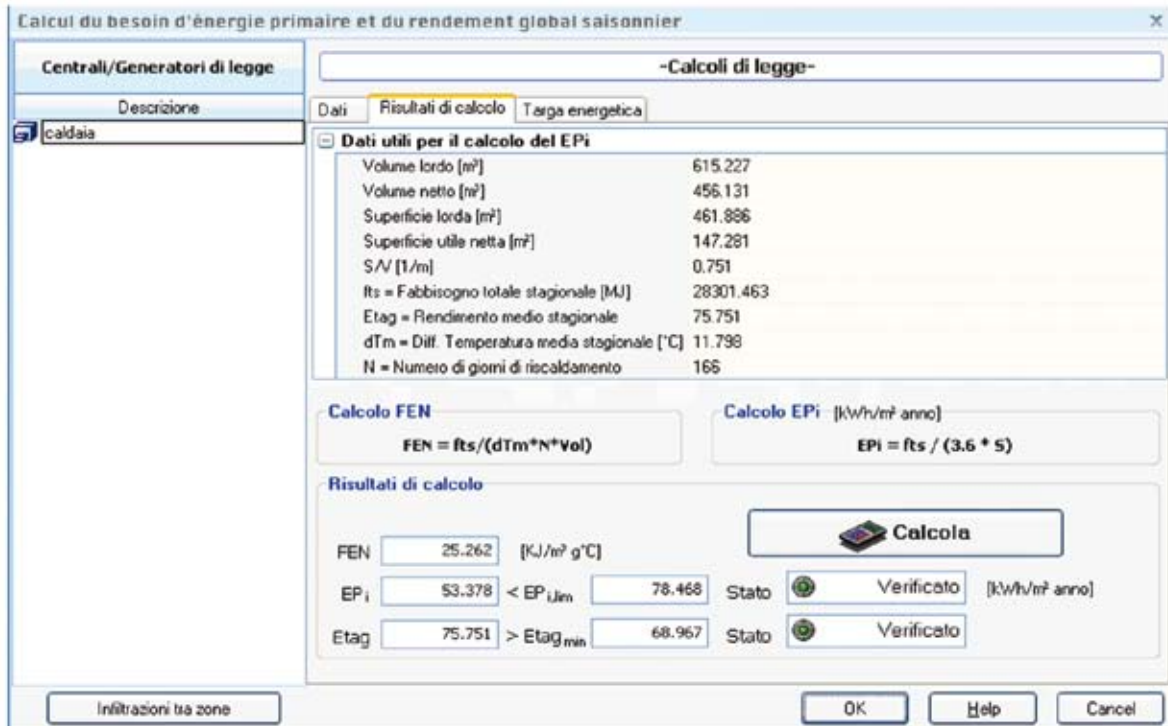


Système planchers chauffants:

Besoins d'énergie selon Norme (FEN): 25,262 kJ/m³g °C

Besoins d'énergie Primaire EP_i: 53,378 kWh/m² an (EP_{lim} 78,47 kWh/m²an)

Rendement global: 75,75 (rendement global minimum 68,97)



Analyse des résultats

L'analyse des résultats montre une petite différence de besoins d'énergie à l'avantage du système radiateurs qui a un besoin de 2,11 kWh/m² par an en moins par rapport au plancher chauffant.

La petite différence confirme ce que nous avons dit auparavant: le besoin d'énergie est déterminé par les caractéristiques constructives du bâtiment et non du système.



Une comparaison réelle

Ces études théoriques ont incité le staff technique de Global a une comparaison effective.

Deux chambres d'essais identiques, une chauffée avec des radiateurs en aluminium, la deuxième avec un plancher chauffant, ont été construites à l'intérieur d'un bâtiment industriel non chauffé. (Photo 1)

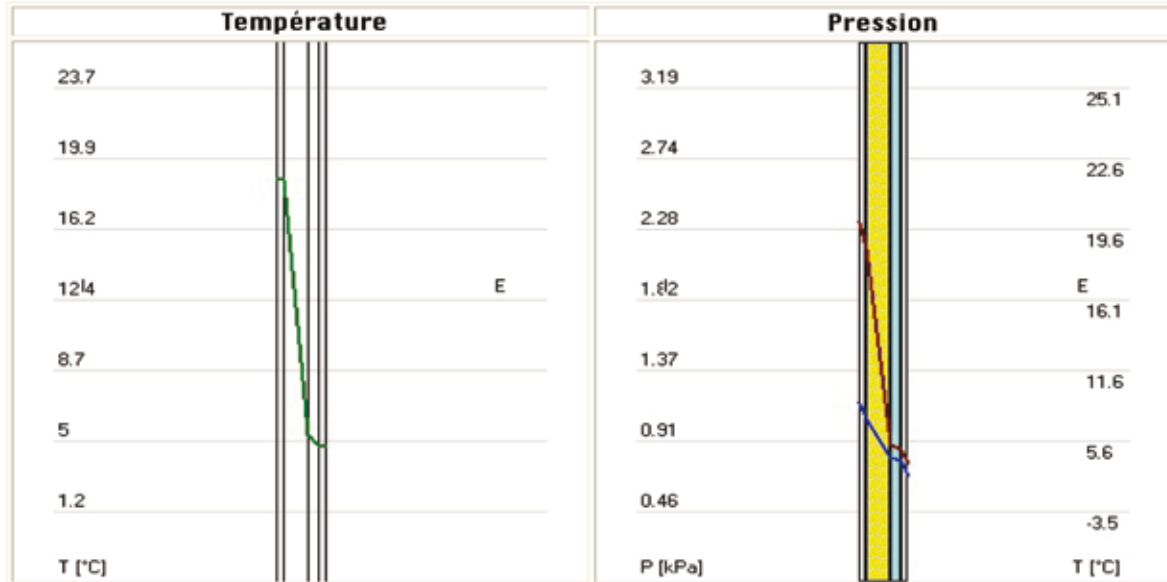


photo 1

Les chambres sont réalisées avec trois parois en plâtre avec double feuille de laine de roche; parois extérieure en béton armé avec du fer et plaque isolante; plancher en béton armé avec du fer, isolant, plafond avec double feuille en plâtre et laine de roche.

Les structures de l'enveloppe du bâtiment des deux pièces sont composées de:

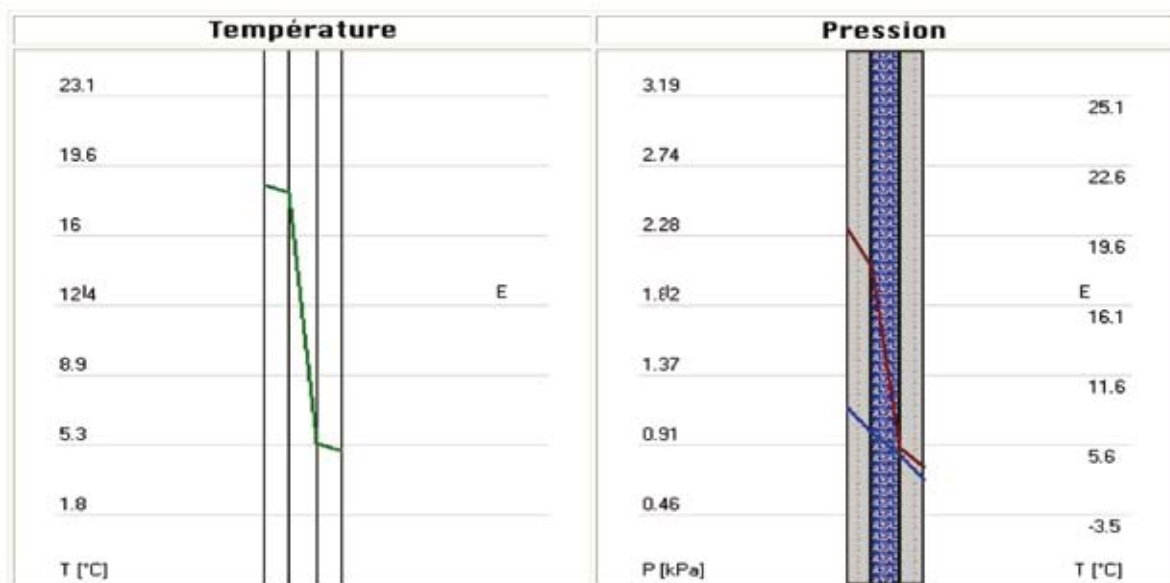
Structure: parois en plâtre/laine de roche



CALCUL DE DEPERDITION NORMALE

déperdition théorique	[W/m ² °C]	0,533
développement de sûreté (0[%])	[W/m ² °C]	0,533
ecart		
déperdition adoptée	[W/m ² °C]	0,533

Structure du bâtiment

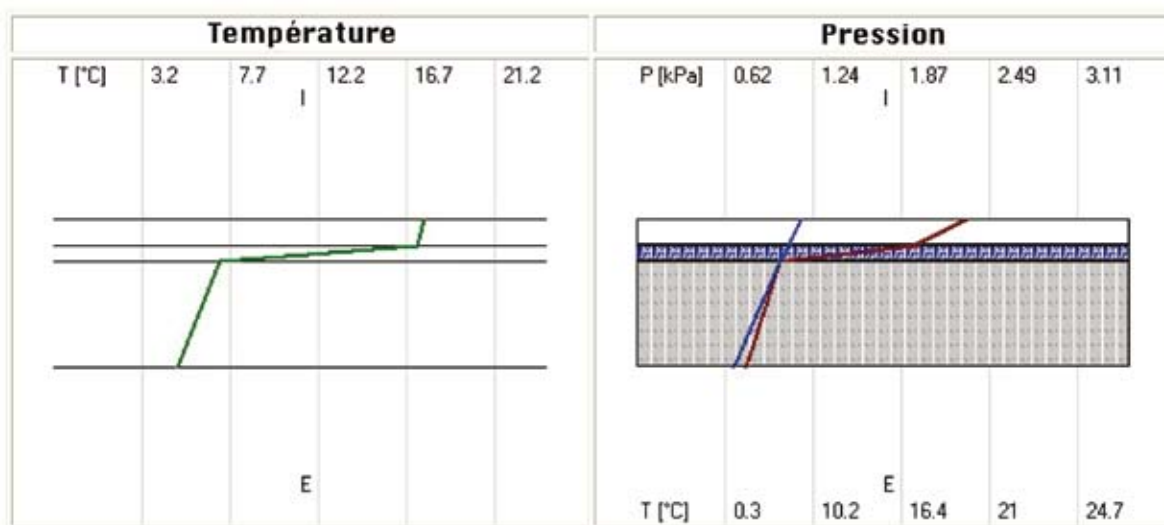


CALCUL DE DEPERDITION NORMALE

déperdition théorique	[W/m ² °C]	0,695
développement de sûreté (0[%])	[W/m ² °C]	0,695
ecart		
déperdition adoptée	[W/m ² °C]	0,695



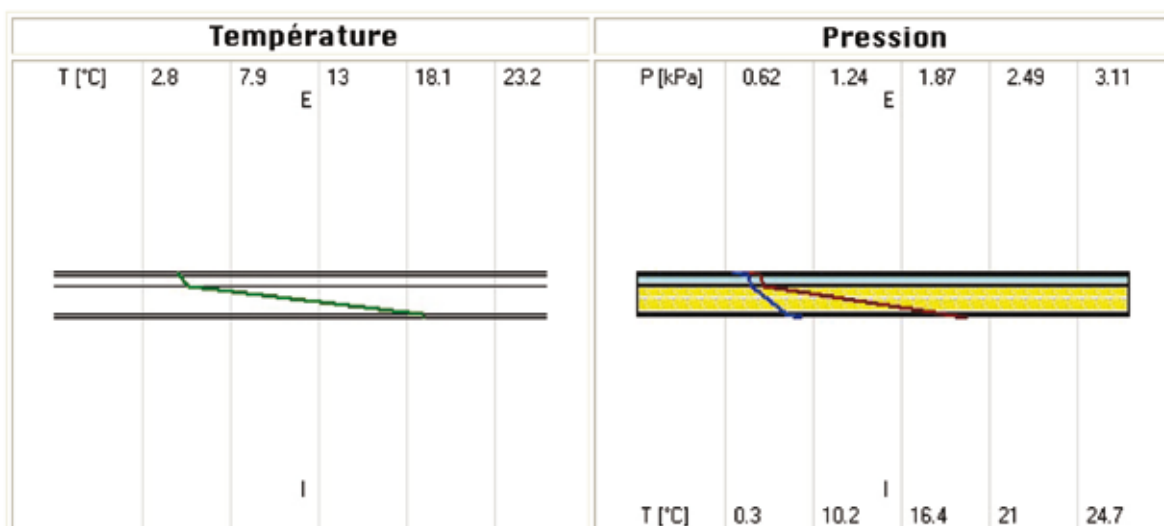
Structure: Sol



CALCUL DE DÉPERDITION NORMALE

Déperdition théorique	[W/m ² °C]	0,903
Développement de sûreté (0[%])	[W/m ² °C]	0,903
Ecart		
Déperdition adoptée	[W/m ² °C]	0,903

Structure: Plafond



CALCUL DE DEPERDITION NORMALE

Déperdition théorique	[W/m ² °C]	0,542
Développement de sûreté (0[%])	[W/m ² °C]	0,542
Ecart		
Déperdition adoptée	[W/m ² °C]	0,542

On peut facilement observer la forte déperdition des structures conformément avec la déperdition d'un bâtiment de 70 mq en classe B.

Installations

Générateur de chaleur: pompe de chaleur Eau/Air Rhoss modèle THAEYT 107, avec accumulateur et circulateur primaire. Température maxi sortie 45°C, la même pour les deux installations.

Les schémas d'installation des deux chambres d'essai sont les mêmes voir figure 5 (radiateurs) et figure 6 (plancher chauffant).

Visuel: Collecteur Radiateur

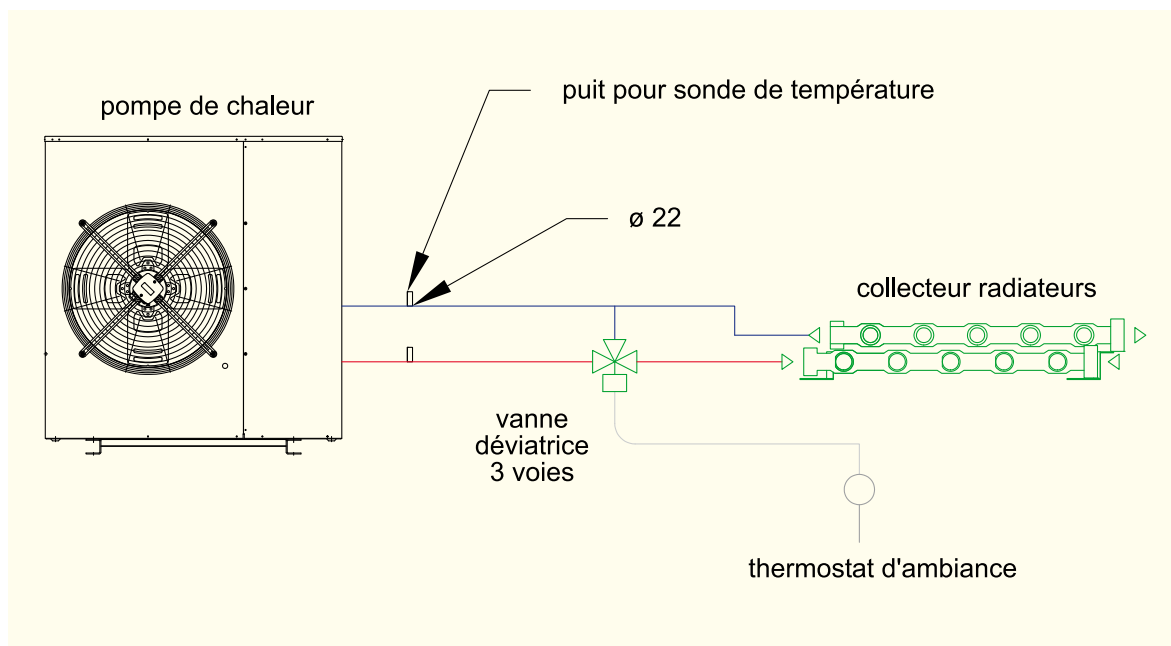


fig. 5

Visuel: Collecteur Plancher chauffant

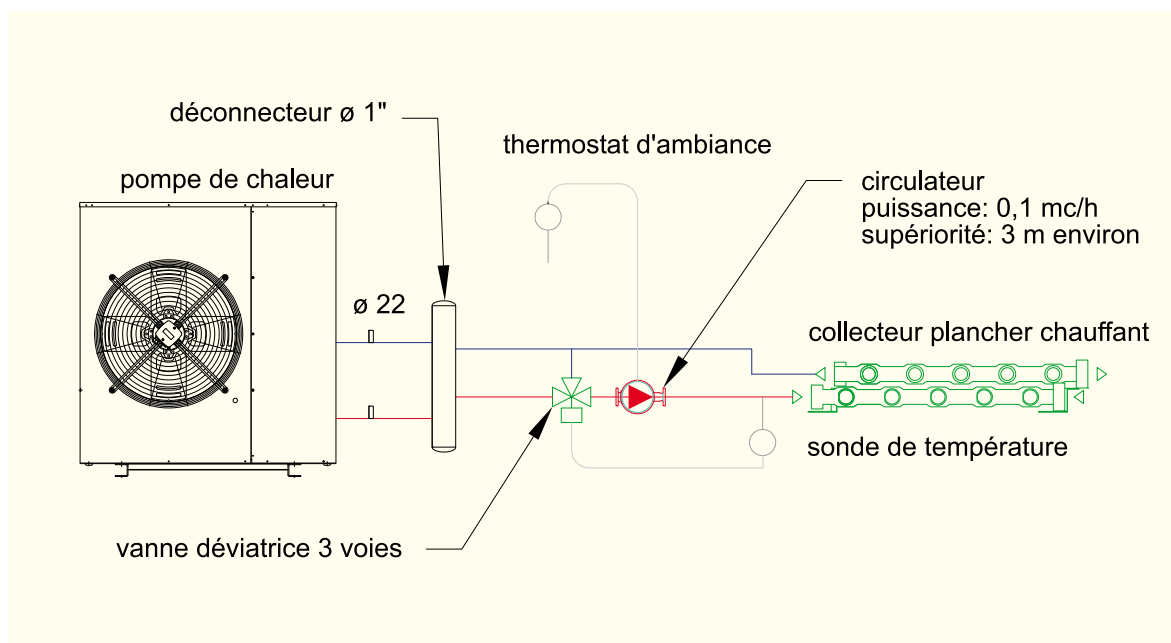


fig. 6



La régulation pour les deux chambres d'essai se fait avec chrono-thermostat journalier et hebdomadaire, programmable avec plusieurs intervalles de température. Le thermostat est étalonné pour les deux chambres d'essai à 20°C.

Dans le système plancher chauffant le thermostat commande le circulateur secondaire.

Dans le système radiateurs, selon le type d'essai, il commande soit la pompe primaire, que la vanne à trois voies déviatrice.

Les deux chambres sont équipées d'un système automatique continu d'enregistrement de données. A intervalles de 5 minutes, il mémorise les données suivantes:

- Consommation d'électricité
- Puissance instantanée absorbée
- Température interne des chambres
- Température externe
- Température de départ et retour de l'eau des deux systèmes

Description du système d'acquisition des données

Le système est composé d'une ou plusieurs fichiers pour acquérir les données GPC, en liaison pour un réseau RS485 ou bien Ethernet, sur un PC pour la récolte et l'élaboration. Ce sont de vrais Data-logger avec une mémoire propre, capable d'acquérir et maintenir en mémoire des données hebdomadaires.

Les GPC permettent une interface avec des instruments qui mesurent l'énergie ou les paramètres de l'ambiance, PLC existants ou dédiés à la gestion des alarmes en temps réel, aux compteurs d'électricité, de l'eau et du gaz. Par l'aide des réseaux locaux, téléphonie standard ou GSM, il est possible de se mettre en communication avec des sites lointains et de les contrôler en systèmes centralisés.

Installation radiateurs Global

Le système installé par GLOBAL RADIATORI est composé d'un fichier GPC programmé pour acquérir les données des instruments sur le champ.

Le GPC est raccordé avec le mesureur de température de Tec System, modèle NT538, qui a 8 chaînes/sondes de température PT100 et des multimètres triphasé de Revalco, modèle 1RAEMC485 (un pour chaque pompe de chaleur).

Ces appareils de mesure communiquent avec le GPC par une interface serial RS485 avec 2 fils, en utilisant le protocole Modbus RTU.

Le GPC qui a la configuration du système, connaît quelles sont les chaînes des appareils de mesure à acquérir, il interroge en séquence et continûment les chaînes des appareils de mesure, en faisant un échantillonnage moyen de la lecture par chaîne chaque 2,5 secondes.

Les résultats des mesures ainsi échantillonnées sont mis en mémoire dans le GPC et recalculés en moyenne à des intervalles de 5 minutes. Le GPC met en mémoire le résultat de mesure moyen de chaque chaîne chaque 5 minutes. Le PC transforme les résultats originaux acquis au GPC en format utilisateur pour chaque chaîne (température, tensions, électricité etc.) enrichissant l'historique du système.

Description des essais

Les essais de comparaison ont été effectués pendant la période du 10/02/09 et le 01/05/2009. Les essais suivants ont été effectués:

- Régime permanent
- Régime transitoire avec deux horaires de fonctionnement
- Régime transitoire avec trois horaires de fonctionnement
- Départ de l'installation à froid

L'étalonnage des thermostats ambiance est identique pour les deux chambres d'essai avec set point 20°C.

Les tests ont été effectués avec différents systèmes de régulation pour les radiateurs. Certains essais ont été faits en agissant sur l'alimentation de la pompe primaire, d'autres en manœuvrant l'ouverture et la fermeture de la vanne à trois voies. Pendant la dernière période d'essai, la pompe de chaleur de l'installation plancher chauffant a été étalonnée à température maxi refoulement à 40°C tandis que l'étalonnage de la pompe de chaleur des radiateurs est restée à 45°C.

Ci-dessous les consommations énergétiques totales mesurées pendant tout la période et les consommations concernant les différents essais de fonctionnement ci-dessus décrites avec les graphiques des températures mesurées à l'intérieur des deux chambres d'essai.



Résultats des essais

Energie totale consommée du 10/02/2009 au 01/05/2009

[MONITOR 2003 - RESUME DU 10/02/2009 AU 01/05/2009](#)

sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	861,898 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	638,999 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 34,88 % EN PLUS

Consommation d'énergie du 16/02/09 au 20/02/09 régime permanent

Radiateurs avec régulation on/off de la pompe de chaleur

[MONITOR 2003 - RESUME DU 16/02/2009 AU 20/02/2009](#)

sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	87,400 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	79,00 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 10,60 % EN PLUS

Consommation d'énergie du 24/02/09 au 03/03/09. Heures de fonctionnement 05,00/08,00 - 17,00/23,00. Radiateurs avec régulation on/off du circulateur

[MONITOR 2003 - RESUME DU 24/02/2009 AU 03/03/09](#)

sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	115,900 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	82,900 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 39,80 % EN PLUS

Consommation d'énergie du 04/03/09 au 18/03/09. Heures de fonctionnement 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00. Radiateurs avec régulation sur la vanne à trois voies et circulateur toujours en fonction

[MONITOR 2003 - RESUME DU 04/03/2009 AU 18/03/09](#)

sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	179,000 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	154,000 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 16,20 % EN PLUS

Consommation d'énergie du 19/03/09 au 08/04/09. Heures de fonctionnement 5,00/8,00 - 12,00 /14,00 - 17,00/23,00. Radiateurs avec régulation sur la vanne à trois voies et circulateur toujours en fonction

[MONITOR 2003 - RESUME DU 19/03/2009 AU 08/04/09](#)

sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	221,700 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	178,200 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 24,40 % EN PLUS

Consommation d'énergie du 09/04/09 au 01/05/09. Heures de fonctionnement 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00. Plancher chauffant: T aller 35°C T set point pompe à chaleur 40°C

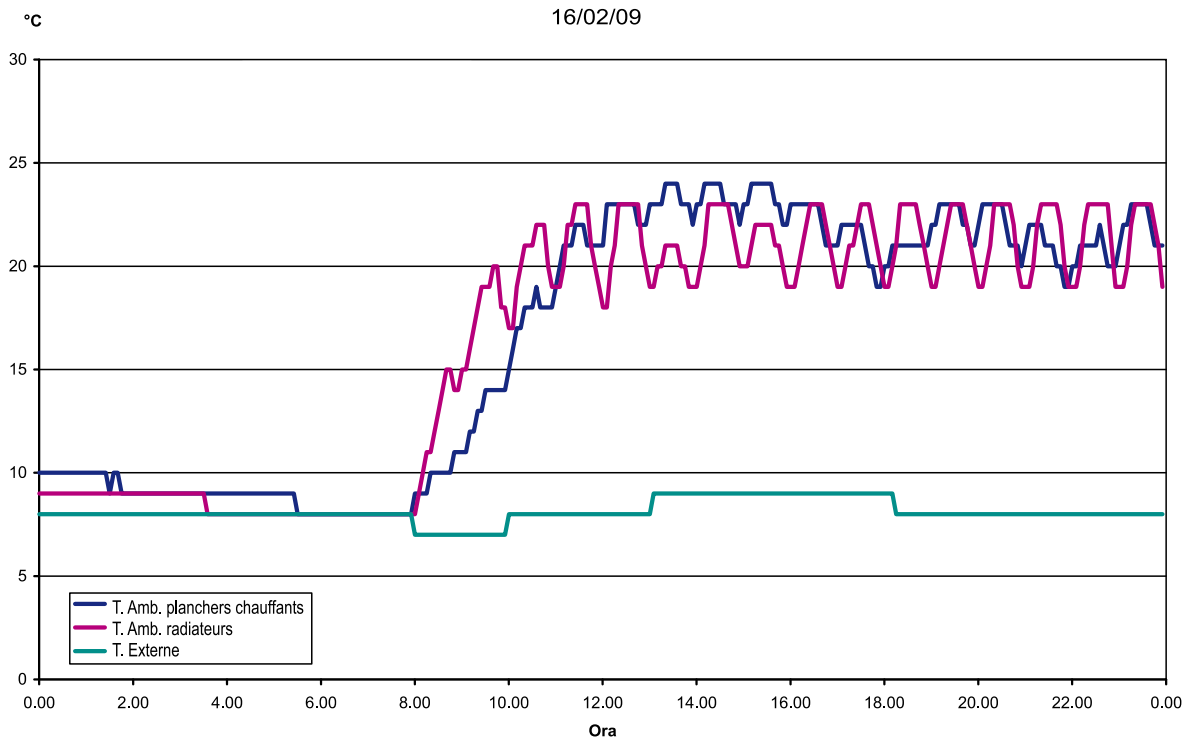
Radiateurs: T aller 45°C T set point pompe à chaleur 45°C régulation on/off du circulateur

[MONITOR 2003 - RESUME DU 09/04/09 AU 01/05/2009](#)

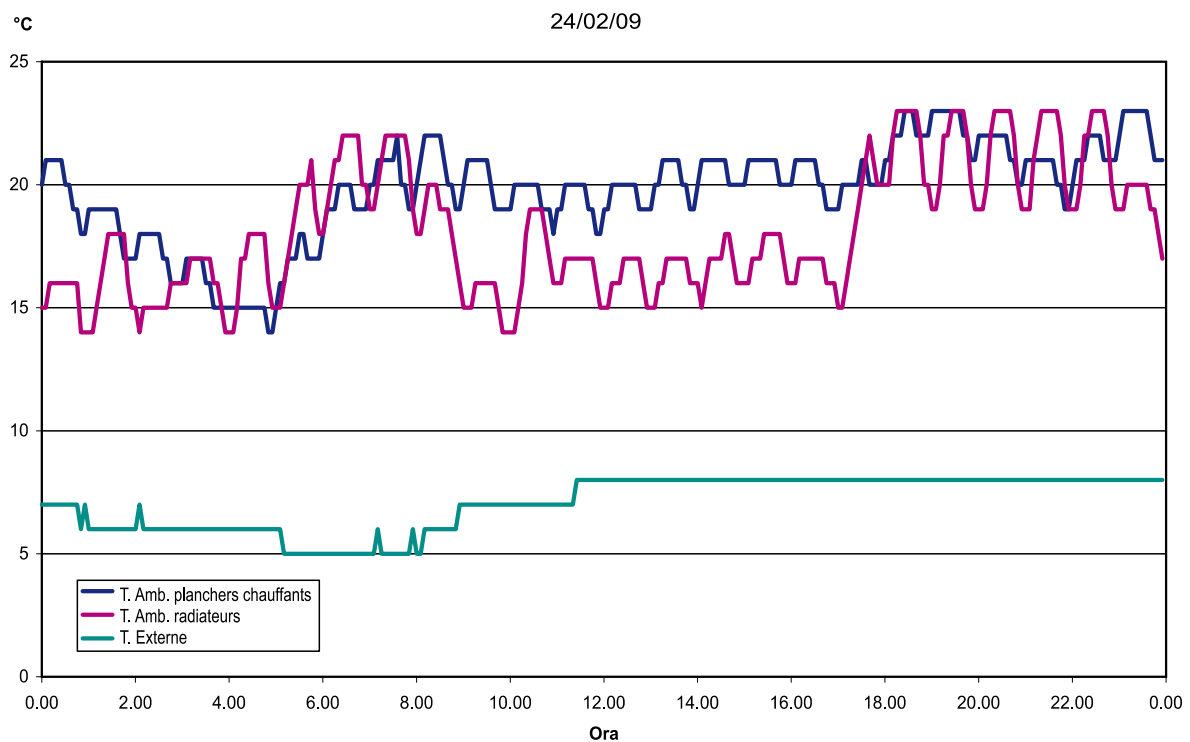
sigle	description	valeur
C.046 -	plancher chauffant: énergie active	169,900 kWh totaliseur
C.048 -	radiateur: énergie active	50,100 kWh totaliseur

LE BATIMENT AVEC LE PLANCHER CHAUFFANT A CONSOMME 3,4 FOIS DE PLUS

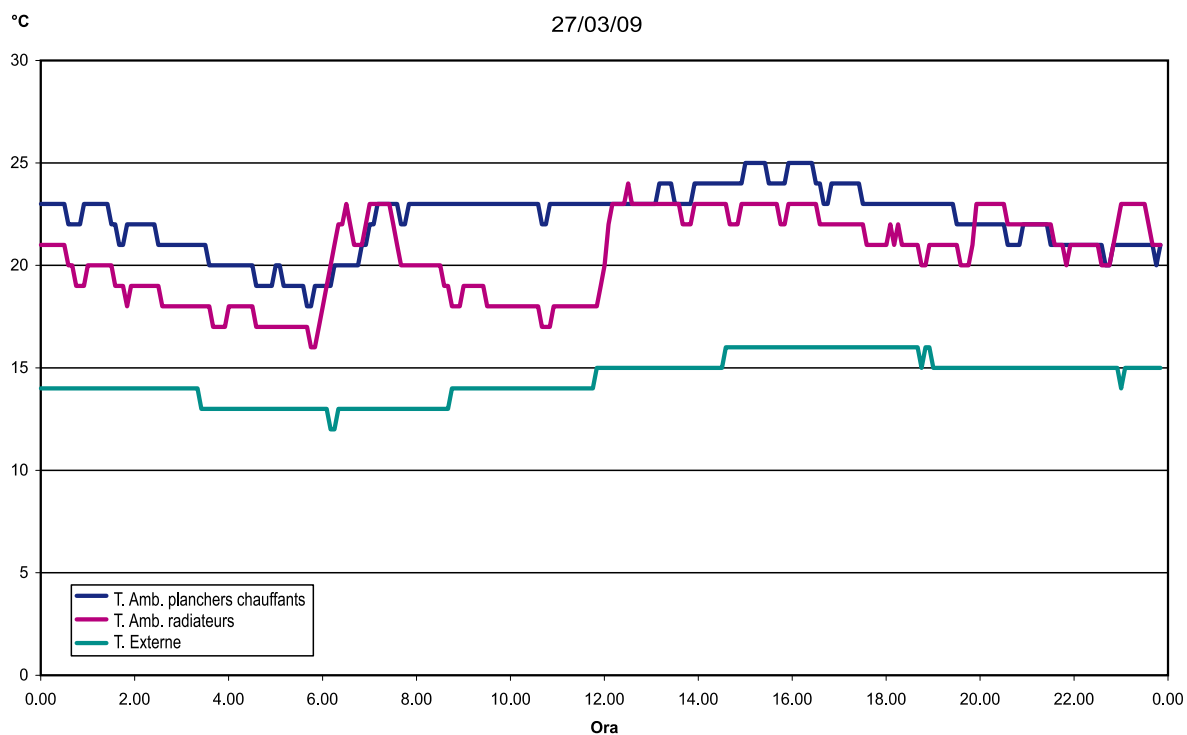
Planchers chauffants et radiateurs: développement de la température interne au départ à froid



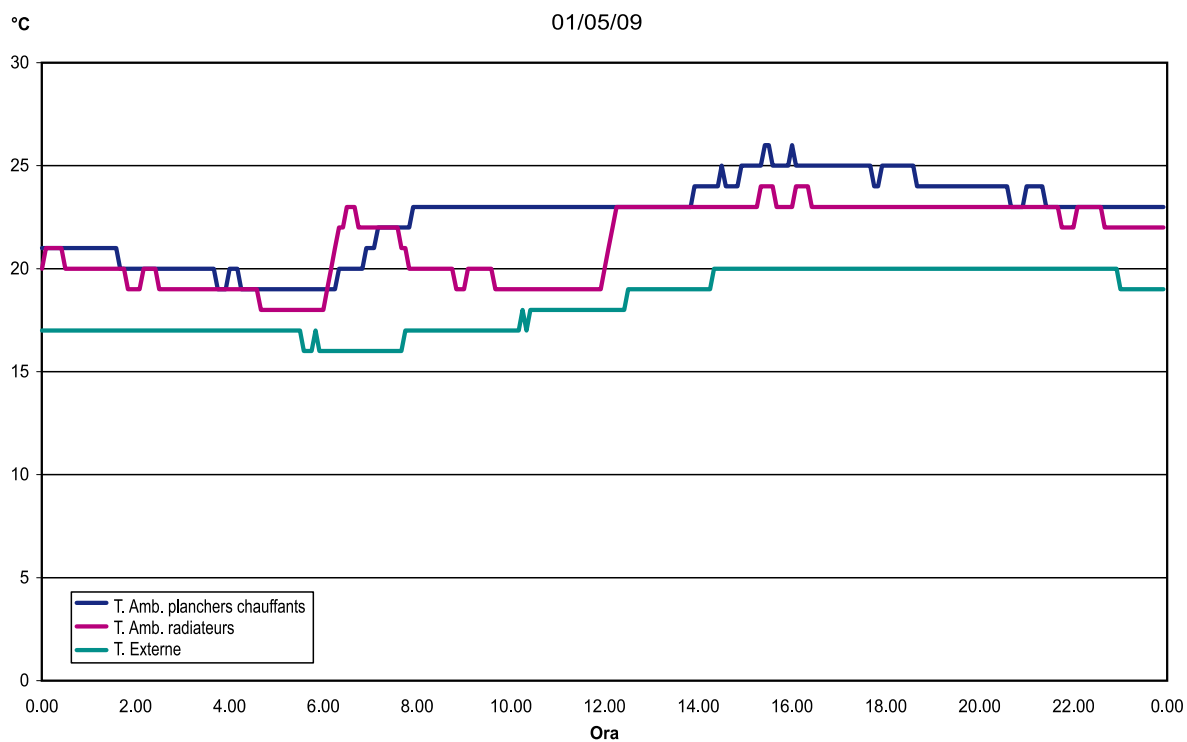
graphique 1: développement de la température interne au départ à froid



graphique 2: horaires de fonctionnement 5,00/8,00 - 17,00/23,00



graphique 3: horaires de fonctionnement 5,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
(radiateurs fonctionnement avec vanne mélangeuse)



graphique 4: horaires de fonctionnement 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
(plancher chauffant T aller 35°C T set point pompe à chaleur 40°C)

Description des essais Hiver 2009-2010

Les essais de comparaison ont été effectués dans la période du 10/11/09 au 24/03/10.

Les essais suivants ont été effectués:

- Régime permanent
- Régime transitoire avec tris horaires de fonctionnement
- Réglage radiateurs on/off sur pompe à chaleur
- Réglage planchers chauffants on/off sur pompe à chaleur

Température de point de consigne pompes à chaleur planchers chauffants 35°C

Température de point de consigne pompes à chaleur radiateurs 35°C

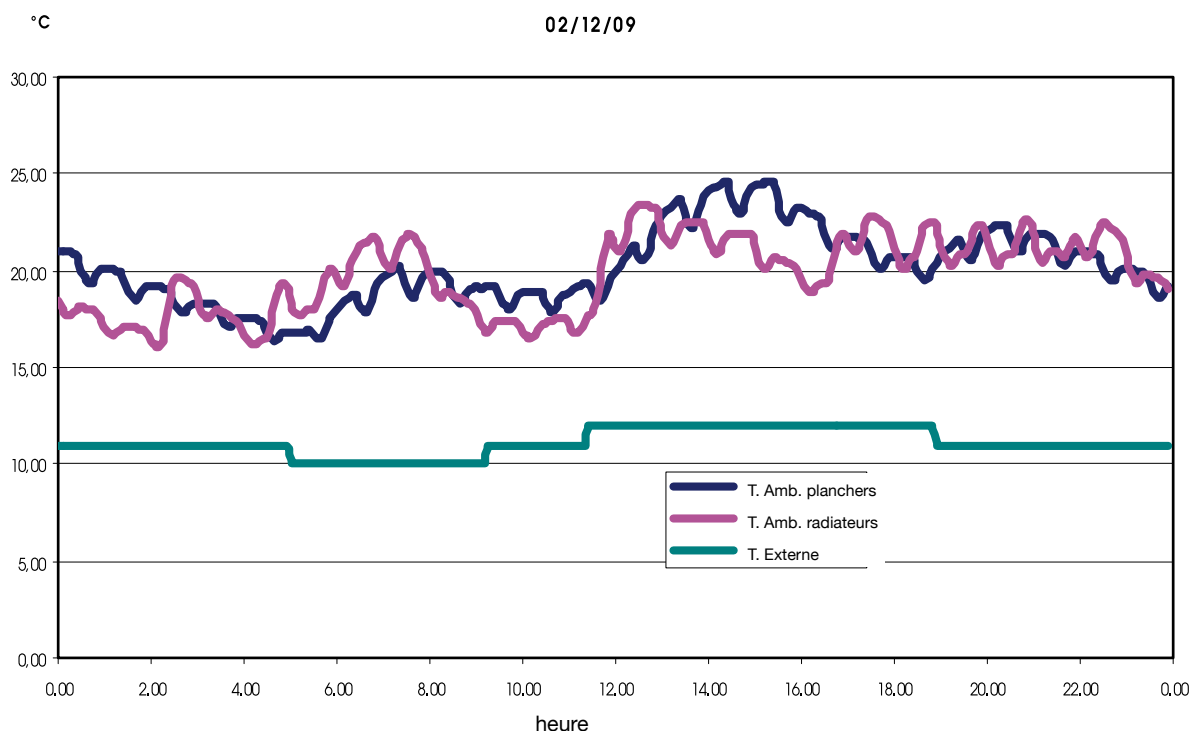
Température de point de consigne pompes à chaleur radiateurs 40°C

L'étalonnage des thermostats ambiance est identique pour les deux chambres d'essai avec set point 20°C.

Ci-dessous les consommations énergétiques totales mesurées pendant toute la période et les consommations concernant les différents essais de fonctionnement décrits ci-dessus avec les graphiques des températures mesurées à l'intérieur des deux chambres d'essai.

On remarque qu'en ayant choisi d'utiliser une température de fonctionnement de 40°C pour la pompe à chaleur de l'installation à radiateurs, le rendement de celle-ci et par conséquent les consommations sont pénalisés de 13% à 21% environ, comme indiqué ci-après.

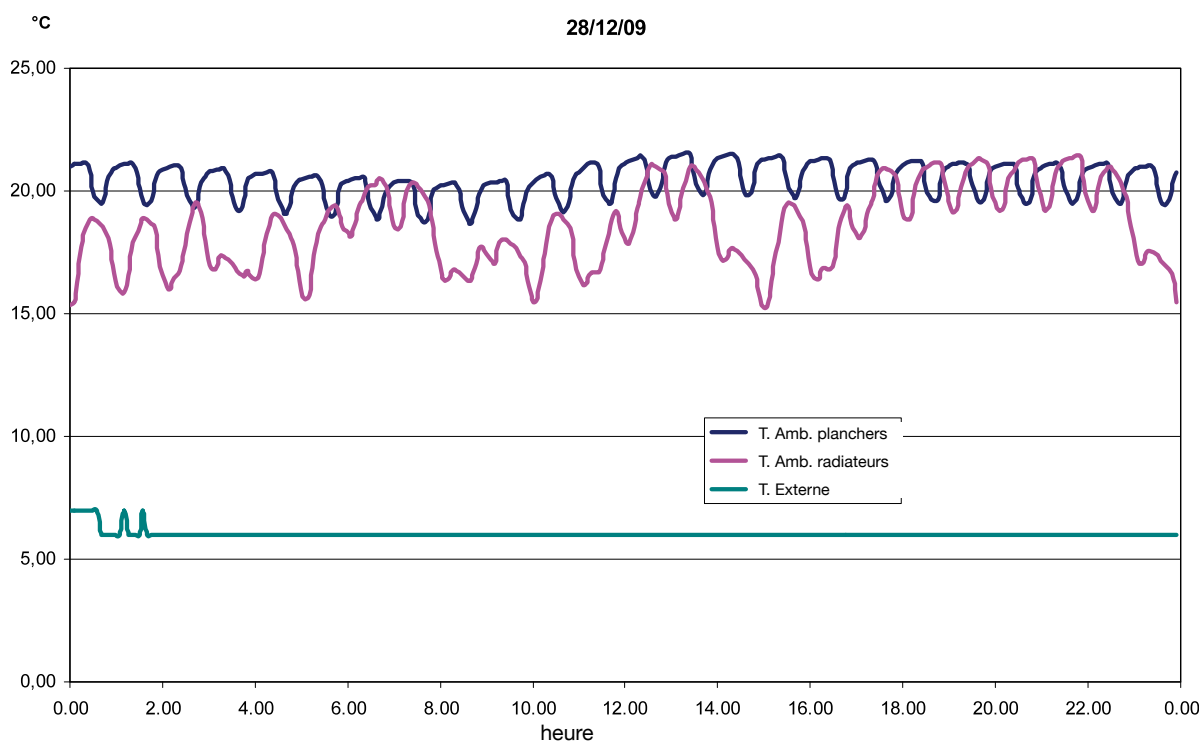
T Externe 0°C			
T set point 35°C	T set point 40°C		Différence
Cop. 2.82	Cop. 2.5		12.8 %
T Externe 7°C			
T set point 35°C	T set point 40°C		Différence
Cop. 3.34	Cop. 2.92		14.4 %
T Externe 10°C			
T set point 35°C	T set point 40°C		Différence
Cop. 3.81	Cop. 3.15		20.9%
T Externe 15°C			
T set point 35°C	T set point 40°C		Différence
Cop. 4.32	Cop. 3.68		17.4%



graphique 5: horaire de fonctionnement 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00
 Planchers: T refoulement 35°C, T set point pompe à chaleur 35°C – Radiateurs: T set point pompe à chaleur 40°C

Énergie consommée: planchers 8.4 kWh, radiateurs 8.2 kWh, diff. 2,4%.

Baisse rendement PdC radiateurs: 20% environ. **Total de l'économie réalisable: 24,4 %**

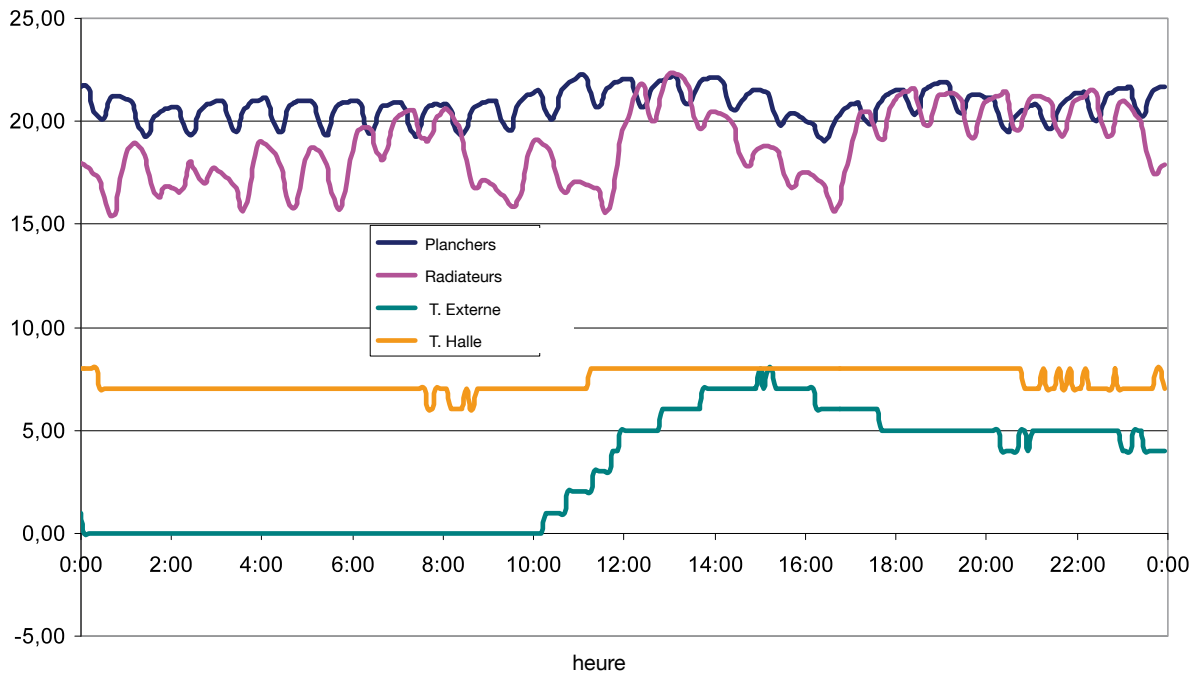


graphique 6: horaire de fonctionnement Radiateurs 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00. Planchers continu.
 Planchers: T refoulement 35°C, T set point pompe à chaleur 35°C
 Radiatori: T set point pompa di calore 40°C

Énergie consommée: planchers 20.2 kWh, radiateurs 16.4 kWh, diff. 23%

Baisse rendement PdC radiateurs: 14% environ. **Total de l'économie réalisable: 37 %**

15/02/10



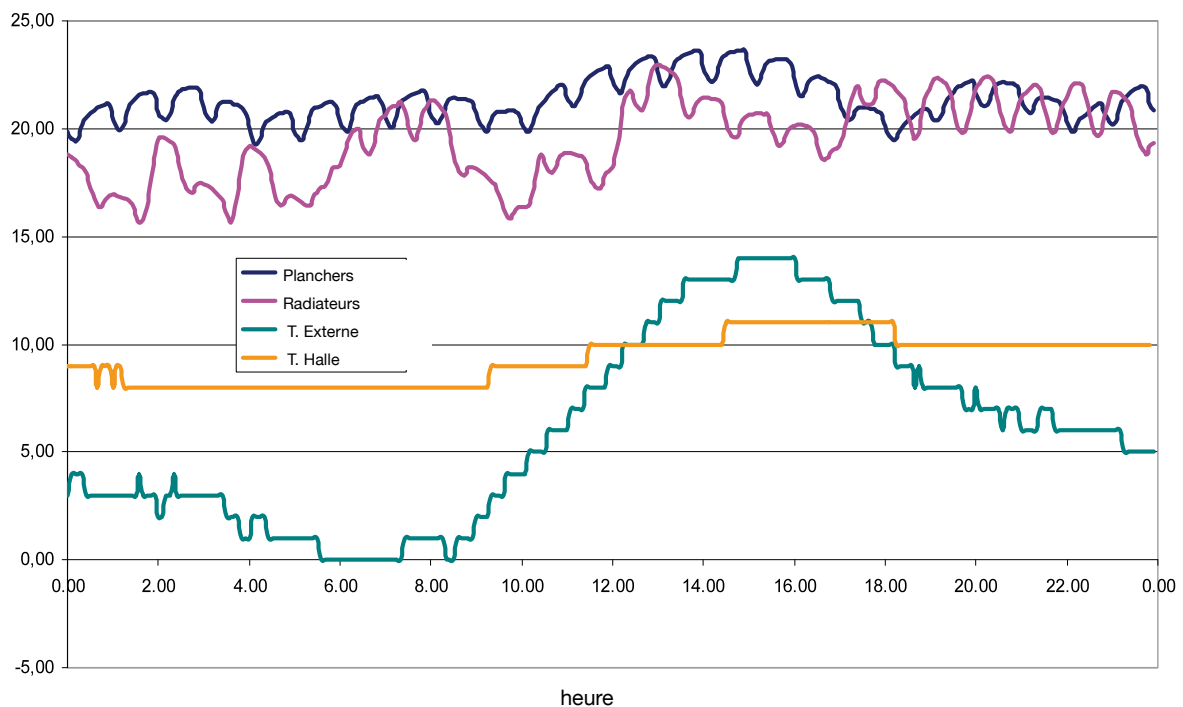
graphique 7: horaire de fonctionnement 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00

Planchers: T refoulement 35°C, T set point pompe à chaleur 35°C. Radiateurs: T set point pompe à chaleur 40 °C

Énergie consommée: planchers 14.9 kWh, radiateurs 13.1 kWh, diff. 13,7%.

Baisse rendement PdC radiateurs: 14% environ. **Total de l'économie réalisable: 27,7 %**

14/03/10



graphique 8: horaire de fonctionnement 6,00/8,00 - 12,00/14,00 - 17,00/23,00

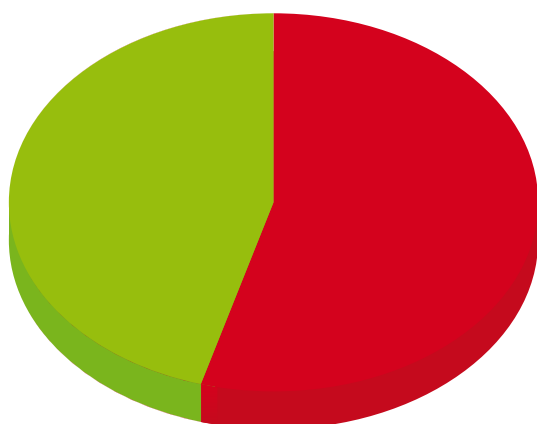
Planchers: T refoulement 35 °C, T set point pompe à chaleur 35 °C. Radiateurs: T set point pompe à chaleur 40 °C

Énergie consommée: planchers 11.1 kWh, radiateurs 9.2 kWh, diff. 21,7%.

Baisse rendement PdC radiateurs: 21% environ. **Total de l'économie réalisable: 42,7 %**



Récapitulatif campagne d'essais 2009

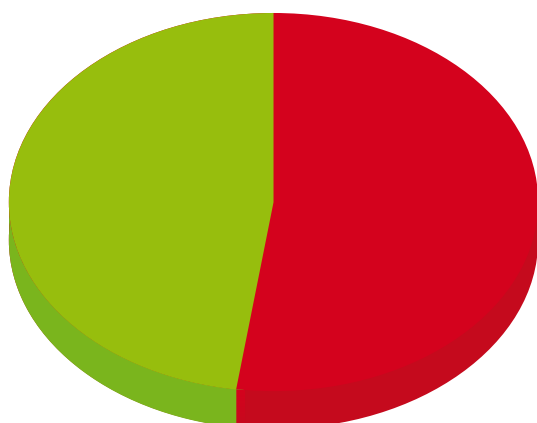


ÉNERGIE CONSOMMÉE INSTALLATION À RADIATEURS GLOBAL: 638.999 kWh

ÉNERGIE CONSOMMÉE INSTALLATION À PLANCHERS CHAUFFANTS: 861.898 kWh

DIFFÉRENCE: **34.9%**

Récapitulatif campagne d'essais 2009/2010



ÉNERGIE CONSOMMÉE INSTALLATION À RADIATEURS GLOBAL: 1591.4 kWh

ÉNERGIE CONSOMMÉE INSTALLATION À PLANCHERS CHAUFFANTS: 1756.7 kWh

DIFFÉRENCE: **10.4%**

BAISSE RENDEMENT GLOBAL PDC RADIATEURS: 16.5%

Total de l'économie réalisable: 26,9 %

L'analyse des graphiques concernant les températures internes des deux locaux soit l'essai avec départ à froid et les essais à régime transitoire est intéressante. Le retard de réponse de l'installation à planchers chauffants est évident, par rapport à l'installation à radiateurs qui porte en température l'ambiance beaucoup plus vite.

Avec le même set point de température et malgré un réglage plus fin, la température de la chambre chauffée avec les planchers chauffants a la tendance à être toujours plus élevée par rapport à l'autre chambre. En particulier pendant le fonctionnement en régime transitoire, on enregistre une température élevée aussi pendant les moments d'arrêt qui correspondent aux moments où le bâtiment n'est pas occupé et qu'il n'y a aucun besoin de chauffage.

Le graphique d'une journée avec des températures extérieures élevées est très significatif, car il nécessite d'intervention seulement à des moments bien précis (graphique 4) : la température de la chambre avec les planchers chauffants est hors contrôle, trop élevée par rapport à la chambre avec les radiateurs.

Les résultats de la deuxième campagne d'essais (hiver 2009-2010), confirment les données obtenues l'hiver précédent. Malgré la pénalisation voulue du rendement de la pompe à chaleur, l'installation à radiateurs, dans n'importe quelle condition de fonctionnement, a toujours consommé moins d'énergie que celle à planchers chauffants.

Il convient en outre de souligner la confrontation des profils de température à l'intérieur des 2 chambres d'essai : alors que la chambre chauffée par les radiateurs conserve facilement le point de consigne configuré, la chambre avec les planchers chauffants a la tendance à avoir des températures qui échappent au contrôle du réglage. Ce qui est encore plus évident lorsque diminuent les charges thermiques (c'est-à-dire lorsque la température extérieure augmente) et lorsqu'augmente l'amplitude thermique journalière (ce qui correspond à la mi saison).

Cette dernière considération indique de manière évidente l'inadaptation et le manque de rentabilité économique du chauffage par planchers chauffants pour des bâtiments civils de nouvelle construction en classe A/A+, caractérisée par des charges thermiques très réduites et une inertie thermique très basse.



Conclusions

Nous avons eu l'occasion de constater que la consommation énergétique de la chambre chauffée par planchers chauffants est plus élevée dans toutes les conditions d'exercice: les différences plus contenues ont été constatées, comme on pouvait s'y attendre, dans le fonctionnement en continu, où la plus grande consommation est due principalement à l'absorption électrique du deuxième circulateur présent dans l'installation avec planchers chauffants; les différences les plus prononcées ont été constatées par contre dans les périodes de fonctionnement par tranches horaires, surtout durant les journées de fin d'hiver/début printemps, quand les températures augmentent et que l'amplitude thermique jour/nuit devient plus marquée.

La plus grande économie avec l'installation à radiateurs, démontrée aussi bien par les graphiques des températures avec départ à l'arrêt (1) que par ceux des températures d'exercice (2, 3, 4), est la conséquence de l'inertie élevée du système à planchers chauffants, qui n'est pas en mesure de s'adapter avec la vitesse demandée au changement des charges thermiques, en provoquant l'augmentation de la température interne de la chambre (il n'est pas inutile de rappeler qu'à l'augmentation de la température ambiante correspond l'augmentation des consommations).

Il est donc évident qu'il est préférable d'utiliser pour les applications caractérisées par des variabilités sensibles des charges, aussi bien internes qu'externes, (typiques de notre climat, avec des amplitudes thermiques entre le jour et la nuit même de plus de 10°C), des installations avec radiateurs plutôt que celles avec planchers chauffants au sol.

En prenant en considération les valeurs théoriques (demande énergétique des bâtiments, performances de réglage et émission, inertie thermique) et les résultats obtenus avec les tests de comparaison illustrés dans les pages précédentes, il convient d'affirmer que la meilleure efficacité énergétique s'obtient en utilisant des installations à radiateurs.

Pour faire des économies d'énergie en conservant un confort ambiant élevé, il est évident qu'il vaut mieux installer des installations à radiateurs plutôt que des installations rayonnantes au sol.

Les installations à radiateurs à basse température continuent à être le meilleur compromis édifice-installation pour toutes les applications caractérisées par des variabilités sensibles des charges comme le sont tous les services civils : chauffage domestique, écoles, bureaux, hôtels seulement pour le chauffage hivernal.

On ajoute enfin certains extraits du rapport final effectué par le Département de l'Énergie «Sergio Stecco» de la Faculté d'Ingénierie de l'Université de Florence relatif à la Convention de recherche conclue avec Global ayant pour objet « Comparaison des performances entre planchers chauffants et radiateurs » basée sur l'analyse des données obtenues moyennant le système décrit ci-dessus.



[...]

Il s'agit de vérifier que la comparaison entre les deux systèmes de chauffage est correcte et que les résultats puissent donner une réponse certaine en ce qui concerne le rendement des deux systèmes. Importante est l'évaluation des consommations effectives d'énergie des deux systèmes à des intervalles ou jours, qu'ils soient:

- Périodes de mesures suffisamment significatives; plus ou moins longues.;
- Comparaisons utiles, avec des profils comparables en temps et selon les régimes thermiques de consigne.

[...]

Critères de sélection des résultats représentatifs des différentes séries de tests

Pour l'analyse et la comparaison des consommations de deux systèmes de chauffage, il faut prendre comme référence l'utilisation sur 24 heures. Les résultats d'application ont été analysés séparément sur la base du profil de température de consigne. Dans les différentes périodes de l'étude, il y a en tout cinq régimes de travail:

1. régime continu du 16/02/09 au 20/02/09;
2. régime transitoire h 05.00 – 08.00, h 17.00 – 23.00 et radiateurs en régime on/off du circulateur du 14/02/09 au 03/03/09;
3. régime transitoire h 05.00 – 08.00, h 12.00 – 14.00, h 17.00 – 23.00, et radiateurs en régulation sur vanne à trois voies et circulateur toujours en fonction du 04/03/09 au 18/03/09;
4. régime transitoire h 05.00 – 08.00, h 12.00 – 14.00, h 17.00 – 23.00 et radiateurs en régulation sur vanne à trois voies et circulateur toujours en fonction du 19/03/09 au 08/04/09;
5. régime transitoire h 05.00 – 08.00, h 12.00 – 14.00, h 17.00 – 23.00 et plancher chauffant avec T aller 35°C et T set point pompe de chaleur 40°C et radiateurs avec T de départ à 45°C et T set point pompe à chaleur à 45°C de régulation on/off du circulateur du 09/04/09 au 01/05/09.

[...]

Cette première série de mesures et le manque de quelques résultats nous obligent à des hypothèses et simplifications pour faire le bilan des consommations et des rendements des deux systèmes de chauffage objet de ce bilan.

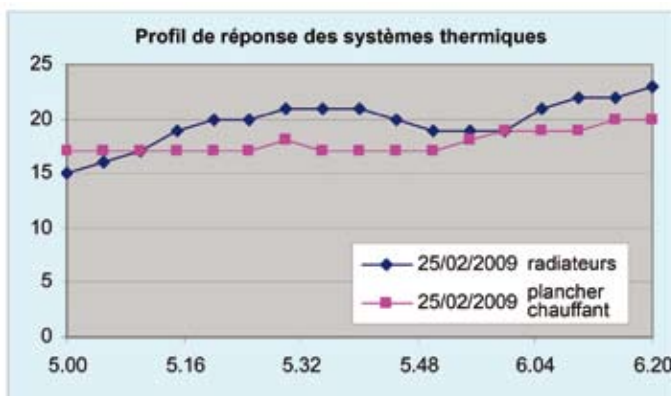
- On a résumé et vérifié tous les résultats, qui étaient nombreux puisque les données ont été relevées pendant une période de 3 mois et pendant les 24 heures avec échantillonnages toutes les 5 minutes. Ensuite on a mis au point un critère de sélection des données, sur la base des profils thermiques enregistrés à l'intérieur des deux chambres, pour trouver les jours témoins caractérisés par les périodes et les régimes de fonctionnement des systèmes, selon consigne. On a repéré *5 jours*

représentatifs (jours témoins) sur lesquels on a fait l'évaluation et la comparaison des consommations, le calcul des pertes thermiques (déperditions) des chambres d'essai, pour les deux installations de l'étude.

- La typologie du générateur de chaleur a été détaché de l'évaluation des consommations thermiques de chaque chambres d'essai pour évaluer sur la base des relevés de fonctionnement des deux pompes à chaleur, des températures de départ et retour de l'eau et de la température d'ambiance à l'intérieur du bâtiment en déduisant les consommations d'électricité des circulateurs, pour obtenir le COP et la puissance thermique introduite, instant par instant, dans les deux installations. Les résultats ont mis en évidence une *consommation plus faible de la part des radiateurs*, variable de 5% par conduction à température fixe constante (opération optimale pour le plancher chauffant) jusqu'à 40% à des régimes fortement discontinus. La différence entre les consommations d'électricité et thermiques des deux systèmes est mise en évidence en allant vers les saisons chaudes, ou la demande de chaleur est faible et le poids des consommations d'électricité des circulateurs devient important. Dans le cas où l'incidence de consommations d'électricité est la même ou similaire pour les deux systèmes (points 3 et 4 avec circulateurs toujours en fonctionnement également pour les radiateurs), l'économie d'énergie devient plus importante avec le système radiateurs. *L'incertitude de 1°C* sur les mesures de température porte à des erreurs *d'estimation des consommations de 4 à 5%*, qui, en certains cas, est au même niveau de la différence entre les deux systèmes.

[...]

- Dans tous les cas on a remarqué que, à part le fonctionnement en régime continu (1), la température moyenne de la chambre avec plancher chauffant est supérieure à celle avec les radiateurs. Cette différence s'explique par la forte inertie du plancher chauffant. Pour la même raison, on constate que le plancher chauffant a besoin de plus de temps au début pour chauffer à basse température l'ambiance par rapport aux radiateurs: voir l'exemple, figure 22 concernant le démarrage des deux systèmes à 5 h. en partant d'une température d'environ 15°C pour la chambre avec les radiateurs et 17°C pour la chambre avec le plancher chauffant.



Voici pourquoi le plancher chauffant en régime transitoire consomme plus d'énergie que le système avec radiateurs. Le système de chauffage avec les radiateurs à eau chaude est plus performant dans tous les cas, mais surtout en régime transitoire.

fig. 22



Les observations précédentes mettent en évidence qu'il convient d'utiliser les radiateurs même quand, pour des contraintes existantes, il est impossible d'optimiser au maximum le rendement de production de la chaleur, comme cela arrive souvent dans le cas de rénovation énergétique de bâtiments déjà existant.

Il faudrait essayer d'intervenir de manière à ce que les opérations de rénovation des installations ne soient pas invasives pour les occupants du bâtiment, c'est-à-dire qui ne les contraignent pas à quitter les lieux. La solution la meilleure est donc de travailler avec le type d'installation existant qui, dans presque tous les cas est représenté par l'installation avec radiateurs. La modification conseillée est de remplacer les anciens radiateurs en fonte par les nouveaux terminaux en aluminium sans évidemment rien changer des encombrements.

Ci-après on illustre comment, dans le cas de rénovation le plus simple, c'est-à-dire le remplacement du générateur de chaleur par une chaudière à compensation, il est possible d'optimiser le rendement tout simplement en installant une sonde de température extérieure pour le réglage à température glissante de la chaudière. La plus grande partie du patrimoine immobilier se compose de bâtiments en Classe Énergétique F ou G, avec un besoin d'énergie primaire annuel de 150-200 kW/m².



Le type d'installation de chauffage le plus répandu se compose d'une chaudière à gaz (générateur standard) et de radiateurs (terminaux de réglage) dimensionnés avec ΔT 50°C ou 60°C.





Pour optimiser le rendement des chaudières à condensation ou des pompes à chaleur il n'est pas nécessaire d'installer des planchers chauffants comme terminaux de distribution.

L'utilisation de radiateurs en aluminium Global permet de conserver l'installation en optimisant le rendement sans augmenter le nombre d'éléments. La faible inertie thermique permet le fonctionnement en "start&stop" en réduisant les consommations.

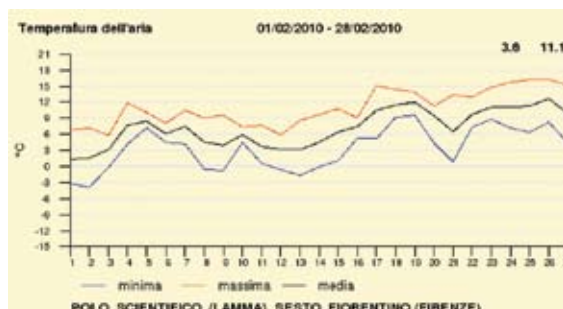
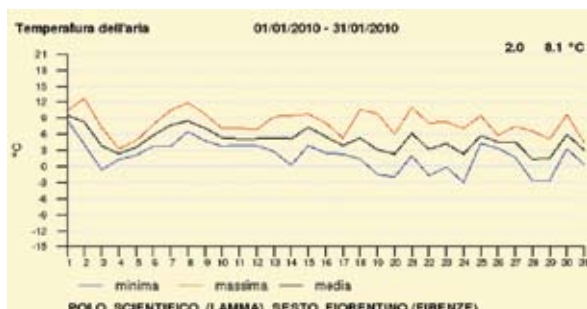
Nous reportons un exemple

localité **Florence** • volume brut chauffé **400 m³**
 surface nette utile **76 m²** • surface/volume **0,98**
 classe énergétique **E**
 énergie primaire indicative **110 kW/m²/an**
 installation traditionnelle **54 éléments Global Vox 800**

T extérieure	T interne	Puissance demandée	ΔT	T refoulement	T retour
0°C	20°C	9650 W	50°C	75°C	65°C
0°C	16°C	7720 W	42°C	63°C	53°C
6°C	20°C	6755 W	38°C	63°C	53°C
6°C	16°C	4825 W	30°C	51°C	41°C
8°C	20°C	5790 W	35°C	60°C	50°C
8°C	16°C	3860 W	25°C	46°C	36°C
12°C	20°C	3060 W	25°C	50°C	40°C
12°C	16°C	1930 W	20°C	41°C	31°C
16°C	20°C	1930 W	20°C	45°C	35°C

Avec l'augmentation de la température extérieure ou pendant le régime d'atténuation (maintien de la température interne à 16°C) le besoin d'énergie du bâtiment diminue. L'installation d'une sonde de température extérieure permet de régler automatiquement la température de refoulement de l'installation et d'optimiser au mieux le rendement en obtenant une économie d'énergie supplémentaire.

Augmentation moyenne mensuelle température extérieure : hiver 2009/2010*





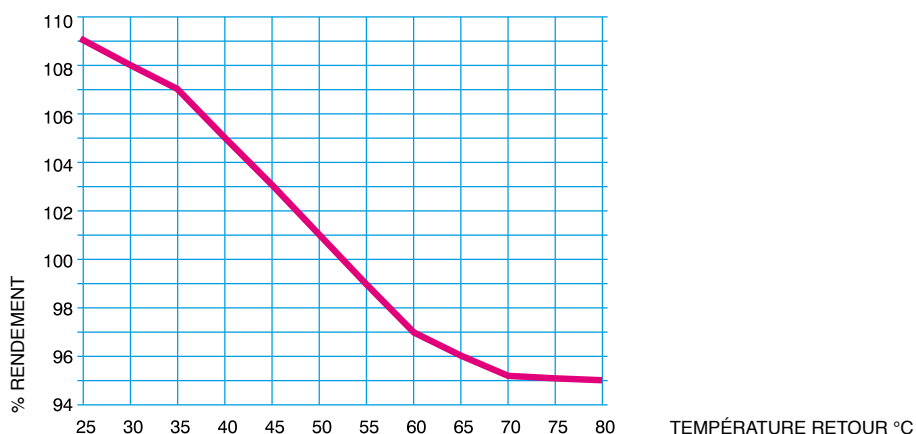
*données Météo Lamma, gare de Florence

Les données météo soulignent les variations de température extérieure au cours de l'hiver 2009/2010 ; à la même période le temps de fonctionnement de l'installation est réparti de la manière suivante:

TEMPS	TEMPÉRATURE RETOUR	RENDEMENT
10%	> 60°C	97%
24%	tra 50 e 60°C	101%
45%	tra 45 e 35°C	103%
21%	< = 35°C	107%

Le rendement moyen annuel de la chaudière correspond à **104%**

Le graphique reporte les valeurs moyennes de rendement des chaudières à condensation: quand diminue la valeur de la température de retour de l'eau, le rendement énergétique de la chaudière augmente.



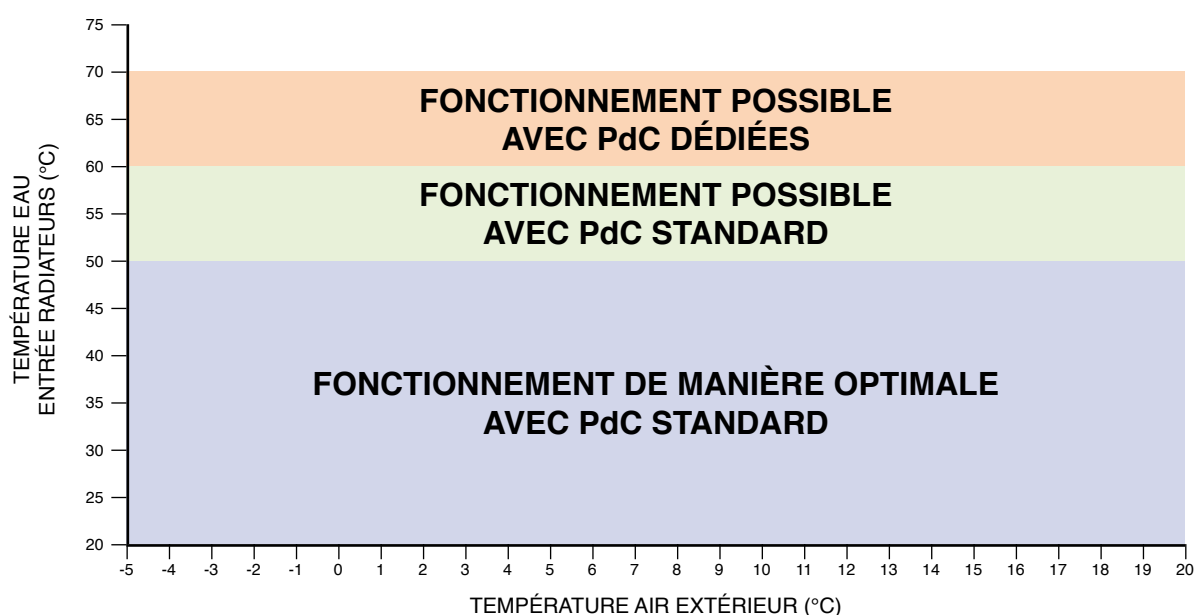
La chaudière à condensation travaille donc dans des conditions identiques dans les installations à planchers chauffants et dans celles avec des radiateurs en aluminium. En outre la faible inertie thermique des radiateurs Global permet l'utilisation en modalité "start&stop" en améliorant ultérieurement l'économie de l'installation avec une épargne de plus de 30% par rapport aux installations à planchers chauffants au sol. En cas de rénovation impliquant également l'enveloppe du bâtiment on peut faire une estimation de la réduction de la puissance demandée d'environ 20%-50%: en conservant les terminaux déjà existant (même encombrements) il est possible d'augmenter ultérieurement le rendement de la chaudière à condensation en le portant à atteindre le maximum théorique.



Des considérations identiques peuvent être appliquées aux pompes à chaleur dont le rendement est lié à la température de refoulement de la même manière que pour les chaudières à condensation.

Il convient de remarquer que:

TOUT COMME LES CHAUDIÈRES À CONDENSATION, LES POMPES À CHALEUR PEUVENT FONCTIONNER AVEC LES INSTALLATIONS À RADIATEURS.



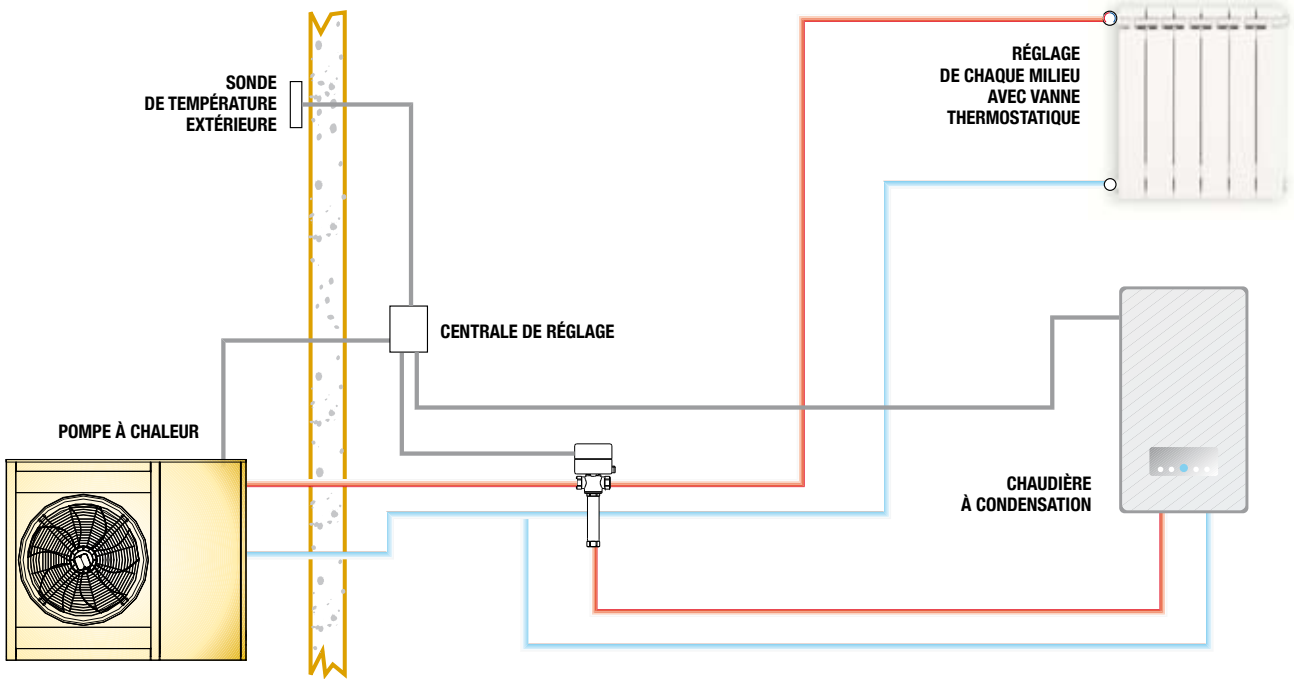
Le graphique démontre que, même si l'on remplace seulement le générateur de chaleur, donc sans réduction de la puissance thermique nécessaire, il est possible de conserver les radiateurs en utilisant des pompes à chaleur. Nous devons également considérer que dans la plupart des cas les radiateurs présents dans les anciens bâtiments sont surdimensionnés par rapport à la nécessité effective ; en effectuant une analyse soignée des charges thermiques et en remplaçant les vieux radiateurs par des nouveaux en aluminium, on peut conserver les encombrements et utiliser des pompes à chaleur standard en maximisant le rendement.

Comme cela a été montré auparavant avec le concours d'une sonde extérieure la pompe à chaleur adapte la température de refoulement de l'eau aux exigences effectives de chauffage. En outre la comparaison des performances a démontré que même si la pompe à chaleur travaille avec une efficacité mineure, l'installation avec radiateurs est en mesure de consommer moins d'énergie dans des pourcentages allant de 3 à 23% par rapport à l'installation rayonnante au sol.

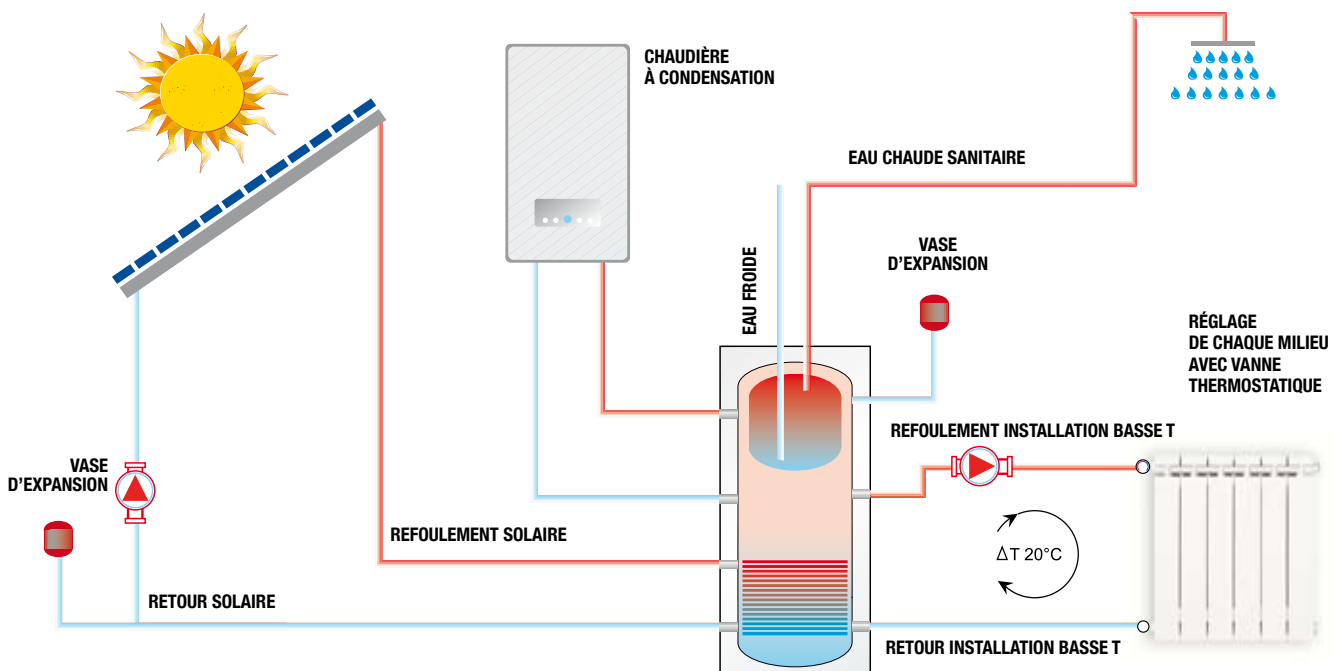
Si l'on réalise par contre également une intervention d'isolation par l'extérieur, qui, comme on l'a déjà vu, peut diminuer jusqu'à 50% la demande de puissance thermique, il est possible, toujours avec les mêmes encombrements d'opérer toujours dans chaque régime de fonctionnement avec le maximum d'efficacité de la pompe à chaleur, en obtenant dans ce cas une économie de plus de 30% par rapport à l'installation rayonnante au sol.

Ci-après certains types d'installations

Installation de chauffage hybride à basse température avec radiateurs Global
Pompe à chaleur et chaudière à condensation

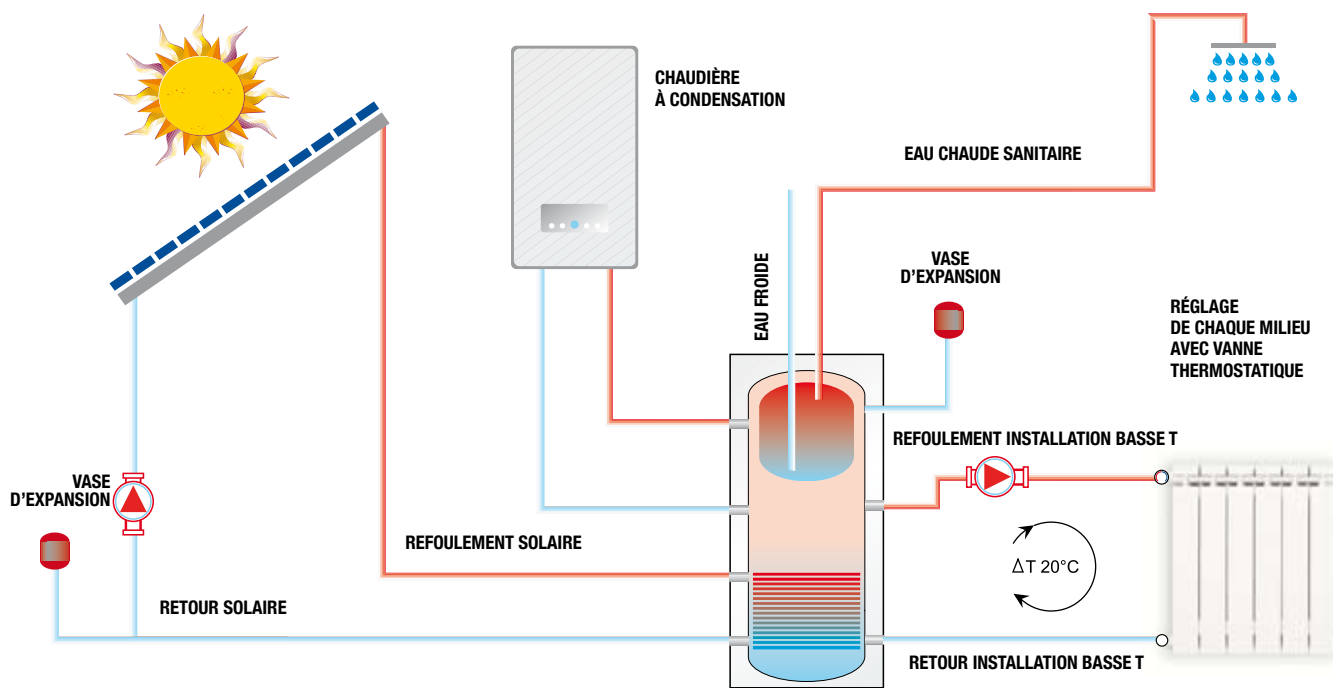


Installation de chauffage à basse température avec radiateurs Global
Pompe à chaleur et intégration solaire

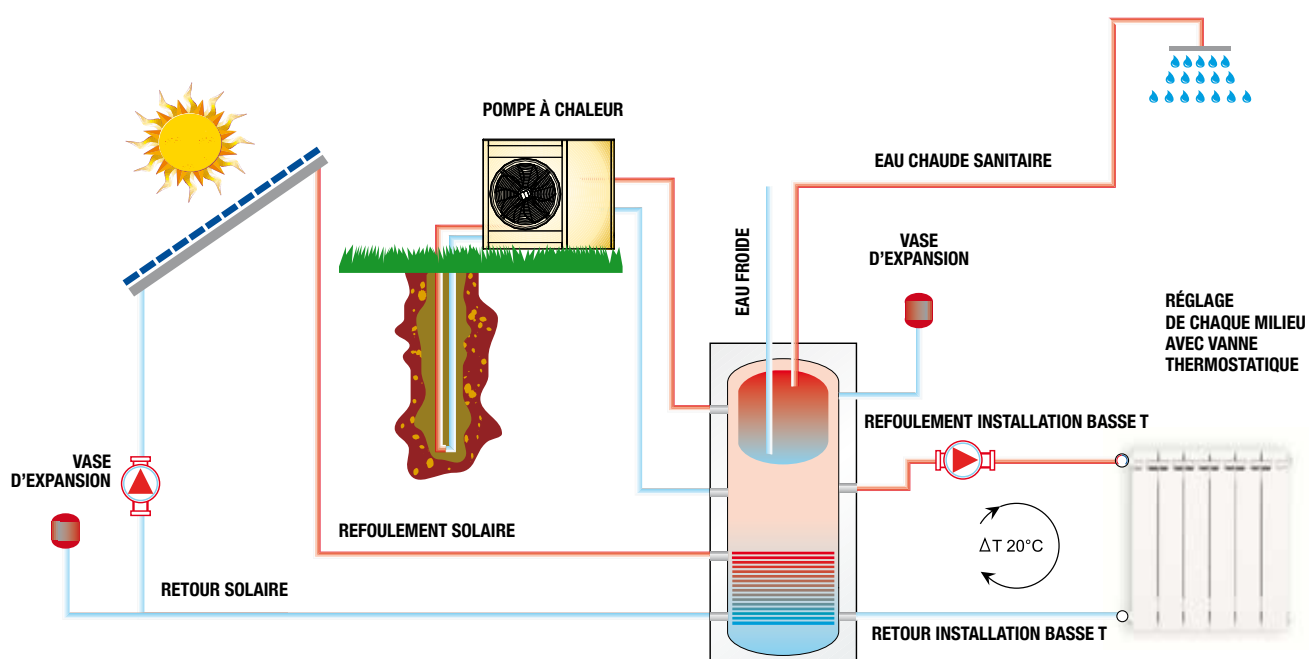




Installation de chauffage à basse température avec radiateurs Global Chaudière à condensation et intégration solaire



Installation de chauffage à basse température avec radiateurs Global Pompe à chaleur géothermique et intégration solaire





Studio tecnico e testi a cura di:

Ing. Francesco Paoletti
ing.francescopaoletti@gmail.com

per conto di:

® GLOBAL 
RADIATORI





GLOBAL 
RADIATORI



www.globalradiatori.it
info@globalradiatori.it

Rogno BG - via Rondinera 51

tel. 035 977111
fax 035 977110